

(11)特許出願公開番号

特開平6-242229

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G O I S 13/10  
7/02

識別記号

庁内整理番号

8940-5 J

F 8940-5 J

F I

### 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-24193

(22)出願日 平成5年(1993)2月12日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 木谷 誠人

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝小向工場内

(72) 發明者 篠永 充良

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝小向工場内

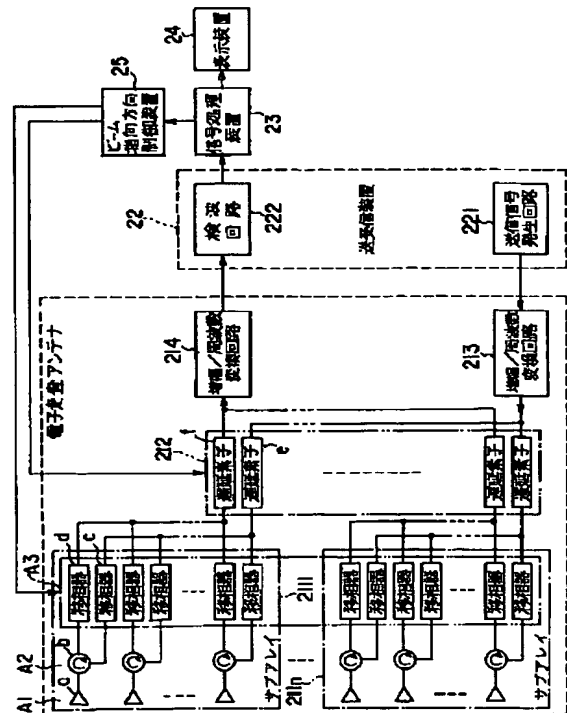
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【目的】この発明の目的は、所望のアンテナビーム方向に対して信号内でビーム方向が変化せず、理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号の送受信が可能で、これによって高い距離分解能が得られるレーダ装置を提供することにある。

【構成】この発明に係るレーダ装置は、少なくとも受信信号について、各アンテナ素子または各サブアレイの合成開口中心点での経路長を信号の放射時間あるいは到来時間としてとらえ、アンテナビームの形成方向について、各アンテナ素子またはサブアレイの合成開口中心点で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように、各系統の受信信号を適宜遅延して時間補正することで、所望の方向で信号の全エネルギーが受信できるようにし、これによって理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号を受信可能とし、高い距離分解能が得られるようにしたことを特徴とする。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のアンテナ素子をアレイ状に配列した電子走査アンテナを用いて任意の方向にアンテナビームを形成し、内部で周波数変調された信号を送受するレーダ装置において、

前記複数のアンテナ素子の各受信信号を時間補正信号に応じて遅延する受信時間補正手段と、

前記アンテナビームの形成方向について各アンテナ素子で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように前記時間補正信号を生成する受信ビーム指向方向制御手段とを具備するレーダ装置。

【請求項2】さらに、

前記複数のアンテナ素子への各送信信号を時間補正信号に応じて遅延する送信時間補正手段と、

前記アンテナビームの形成方向について各アンテナ素子から送出する電波の放射時間が位相一致面で同一となるように前記時間補正信号を生成する送信ビーム指向方向制御手段とを備えることを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項3】それぞれ複数のアンテナ素子を有し、各アンテナ素子に対する送受信信号をまとめて扱う複数のサブアレイを備えた電子走査アンテナを用いて任意の方向にアンテナビームを形成し、内部で周波数変調された信号を送受するレーダ装置において、

前記サブアレイでまとめられた受信信号をそれぞれ時間補正信号に応じて遅延する受信時間補正手段と、

前記アンテナビームの形成方向について各サブアレイの合成開口中心点で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように前記時間補正信号を生成する受信ビーム指向方向制御手段とを具備するレーダ装置。

【請求項4】さらに、

前記複数のサブアレイへの各送信信号を時間補正信号に応じて遅延する送信時間補正手段と、

前記アンテナビームの形成方向について各サブアレイから送出する電波の放射時間が位相一致面で同一となるように前記時間補正信号を生成する送信ビーム指向方向制御手段とを備えることを特徴とする請求項3記載のレーダ装置。

【請求項5】前記電子走査アンテナは、さらに各サブアレイの各アンテナ素子受信系路に受信信号の位相を位相制御信号に応じて制御する移相器を備え、

前記受信ビーム指向方向制御手段は、さらに前記アンテナビームの形成方向について各アンテナ素子で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように前記位相制御信号を生成するようにしたことを特徴とする請求項3記載のレーダ装置。

【請求項6】前記電子走査アンテナは、さらに各サブアレイの各アンテナ素子送信系路に送信信号の位相を位相制御信号に応じて制御する移相器を備え、

前記送信ビーム指向方向制御手段は、さらに前記アンテナ

ビームの形成方向について各アンテナ素子から送出する電波の放射時間が位相一致面で同一となるように前記位相制御信号を生成するようにしたことを特徴とする請求項4記載のレーダ装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、複数のアンテナ素子を有し、各アンテナ素子の位相を制御することによりアンテナビーム方向を制御する電子走査アンテナを用いて、内部で広い周波数帯域の変調が行なわれた信号を、アンテナビームを偏心させることなく送受信する高分解能レーダ装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来の一般的なレーダ装置は、図4に示すように、電子走査アンテナ11、送受信装置12、信号処理装置13、表示装置14、ビーム指向方向制御装置15で構成される。

【0003】電子走査アンテナ11は、アレイアンテナ111、送受切換部112、位相制御部113、送信系と受信系の増幅／周波数変換回路114、115を備える。アレイアンテナ111は多数のアンテナ素子aをアレイ状に配列したものである。送受切換部112は各アンテナ素子aにサーキュレータbを接続して送信系路と受信系路を切り換えることで、アンテナ素子aを送受共用とする。位相制御部113はアンテナ素子毎に送信系と受信系の移相器c、dを備え、個々の移相器c、dの位相量を位相制御信号に応じて設定する。

【0004】送信系は、送受信装置12からの送信パルスを増幅／周波数変換回路114で周波数変換及び電力増幅した後、送信ビーム形成用の移相器cに通し、サーキュレータbを介してアンテナ素子aに送る。ここで、ビーム指向方向制御装置15からの位相制御信号により移相器cの位相量を制御することで、送信ビームの指向方向を任意に設定することができる。

【0005】受信系は、各アンテナ素子aで受けた送信パルスの反射信号を、サーキュレータbを介し、受信ビーム形成用の移相器dに通して増幅／周波数変換回路115に送り、低雑音増幅及び周波数変換を行った後、送受信装置12に送る。ここで、ビーム指向方向制御装置15からの位相制御信号により移相器dの位相量を制御することで、受信ビームの指向方向を任意に設定することができる。

【0006】送受信装置12は送信信号発生回路121で繰返し送信パルスを生成して電子走査アンテナ11へ送出すると共に、このアンテナ11から送られてくる受信信号を検波回路122で直交検波する。これによって、送信パルスの反射パルス受信信号（アナログビデオ信号）を得る。このアナログビデオ信号は信号処理装置13に送られる。

【0007】この信号処理装置13は入力したアナログ

ビデオ信号をデジタルビデオ信号に変換した後、クラッタ抑圧処理を施し、振幅レベルを検出し、そのレベル変化から目標を他のエコーと弁別し、目標位置を自動検出する。検出された目標位置情報は表示装置14に送られ、所定の形式で表示される。

【0008】ビーム指向方向制御装置15は目的とする方位、仰角に送信ビームあるいは受信ビームが形成されるように位相制御信号を生成し、電子走査アンテナ11の位相制御部113に送出する。この指向方向の設定には、外部から任意の方向を直接指示する場合や、信号処理装置13で得られた目標位置情報を基に目標方向にビームを形成させる追尾処理による場合がある。ところで、上記の構成のレーダ装置では、アンテナビーム方向 $\theta$ と制御すべきアンテナ素子の位相量 $\Delta\phi$ は、よく知られているように、

$$\Delta\phi = (2\pi x/\lambda) \sin\theta$$

【0009】で表される。ここで、 $x$ はアンテナ開口の位相中心からの距離、 $\lambda$ は波長である。通常の移相器の場合、制御可能な位相量は0から $2\pi$ の倍数を引き去った余りである。一方、制御すべきアンテナ素子の位相量は、上式から明らかなように、信号の波長すなわち周波数に依存している。

【0010】したがって、通常の帯域を持つ信号の送受信に際しては問題ないが、高い距離分解能を得るための広い周波数帯域を持った信号の送受信に際しては、その波長が信号の内部で変化するため、上記のように周波数に対して一定の位相量が与えられた移相器を通過すると、波長の変化に応じてアンテナビーム方向が信号内で変化してしまう。よって、上記構成のレーダ装置では、所望の方向に信号の全エネルギーが送受信されないという問題があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】以上述べたように、従来のレーダ装置では、高い距離分解能を得るための広い周波数帯域を持った信号の送受信に際し、その波長が信号の内部で変化するため、一定の位相量が与えられた移相器の通過時に、周波数（波長）の変化に応じてアンテナビーム方向が信号内で変化してしまい、所望の方向に信号の全エネルギーが送受信されないという問題があった。

【0012】この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、所望のアンテナビーム方向に対して信号内でビーム方向が変化せず、理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号の送受信を行なうことができ、これによって高い距離分解能が得られるレーダ装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためにこの発明に係るレーダ装置は、複数のアンテナ素子をアレイ状に配列した電子走査アンテナを用いて任意の方

向にアンテナビームを形成し、内部で周波数変調された信号を送受するレーダ装置において、前記複数のアンテナ素子またはこれらのアンテナ素子の送受信信号をまとめて扱うサブアレイの各受信信号を時間補正信号に応じて遅延する受信時間補正手段と、前記アンテナビームの形成方向について各アンテナ素子またはサブアレイの合成開口中心点で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように前記時間補正信号を生成する受信ビーム指向方向制御手段とを具備して構成される。

【0014】

【作用】上記構成によるレーダ装置では、少なくとも受信信号について、各アンテナ素子または各サブアレイの合成開口中心点での径路長を信号の放射時間あるいは到来時間としてとらえ、アンテナビームの形成方向について、各アンテナ素子またはサブアレイの合成開口中心点で受ける電波の到来時間が位相一致面で同一となるように、各系統の受信信号を適宜遅延して時間補正することで、所望の方向で信号の全エネルギーが受信できるようにし、これによって理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号を受信可能とし、高い距離分解能が得られるようにした。

【0015】

【実施例】以下、図1を参照してこの発明の一実施例を詳細に説明する。

【0016】図1はこの発明に係るレーダ装置の構成を示すものである。図1において、21は電子走査アンテナ、22は送受信装置、23は信号処理装置、24は表示装置、25はビーム指向方向制御装置である。

【0017】電子走査アンテナ21は $n$ 個のサブアレイ2111～211 $n$ と、各サブアレイ2111～211 $n$ の送信系及び受信系別にそれぞれ遅延素子 $e$ 、 $f$ を設けてなる時間補正部212と、送信系及び受信系にそれぞれ設けられる増幅／周波数変換回路213、214を備える。

【0018】各サブアレイ2111～211 $n$ は共に同一構成であり、それぞれ複数のアンテナ素子 $a$ をアレイ状に配列されるアレイアンテナA1、各アンテナ素子 $a$ にサーキュレータ $b$ を接続してアンテナ素子 $a$ を送受共用とする送受切換部A2、送信系及び受信系にそれぞれ移相器 $c$ 、 $d$ を設け、各移相器 $c$ 、 $d$ の位相量を位相制御信号に応じて設定することで送受信時のビーム方向を制御する位相制御部A3で構成される。

【0019】時間補正部22はサブアレイ2111～211 $n$ 毎に送信系と受信系の遅延素子 $e$ 、 $f$ を備え、個々の遅延素子 $e$ 、 $f$ の遅延時間を時間補正信号に応じて設定する。

【0020】送信系は、送受信装置22からの送信パルスを増幅／周波数変換回路213で周波数変換及び電力増幅した後、サブアレイ毎に分配し、それぞれ送信系の遅延素子 $e$ で時間補正し、さらに送信ビーム形成用の移

相器cに通し、サーキュレータbを介してアンテナ素子aに送る。ここで、ビーム指向方向制御装置15からの時間補正信号により遅延素子eの遅延時間を制御すると共に、位相制御信号により移相器cの位相量を制御することで、送信ビームの指向方向を設定する。

【0021】受信系は、各サブアレイ2111~211nにおいて、アンテナ素子aで受けた送信パルスの反射信号を、サーキュレータbを介し、受信ビーム形成用の移相器dに通した後、まとめて受信系の遅延素子fに入力し、時間補正を行なって増幅／周波数変換回路115に送り、低雑音増幅及び周波数変換を行ない、送受信装置22に送る。ここで、ビーム指向方向制御装置15からの位相制御信号により移相器dの位相量を制御すると共に、時間補正信号により遅延素子fの遅延時間を制御することで、受信ビームの指向方向を設定する。

【0022】送受信装置22は送信信号発生回路221で繰返し送信パルスを生成して電子走査アンテナ21へ送出すると共に、このアンテナ21から送られてくる受信信号を検波回路222で直交検波する。これによって、送信パルスの反射パルス受信信号（アナログビデオ信号）を得る。このアナログビデオ信号は信号処理装置23に送られる。

【0023】この信号処理装置23は入力したアナログビデオ信号をデジタルビデオ信号に変換した後、クラッタ抑圧処理を施し、振幅レベルを検出し、そのレベル変化から目標を他のエコーと弁別し、目標位置を自動検出する。検出された目標位置情報は表示装置24に送られ、所定の形式で表示される。

【0024】ビーム指向方向制御装置25は目的とする方位、仰角に送信ビームあるいは受信ビームが形成されるように、位相制御信号を生成し、電子走査アンテナ21の各サブアレイ2111~211nにおける位相制御部A3に送出すると同時に、時間補正信号を生成し、電子走査アンテナ21の時間補正部212に送出する。この指向方向の設定には、外部から任意の方向を直接指示する場合や、信号処理装置23で得られた目標位置情報を基に目標方向にビームを形成させる追尾処理による場合がある。

【0025】すなわち、上記のレーダ装置では、高距離分解能を得るために、広帯域の送信信号が送受信装置22から送出され、電子走査アンテナ21へ出力されているものとして、電子走査アンテナ21を複数のサブアレイ2111~211nで構成し、サブアレイ毎に送信系と受信系の遅延素子を持ち、各遅延素子の遅延時間を補正することで、サブアレイ間の送信時の放射時間差、受信時の電波到来時間差を補正できるようにしている。上記構成において、以下図2を参照してその作用を説明する。

【0026】いま、図2に示すような電子走査アンテナを考えた場合、ある方向にビームを走査するためには、

各アンテナ素子aで送受信される信号の位相が所望のビーム方向で一致する必要がある。したがって、従来の電子走査アンテナでは、移相器cまたはdによって位相を一致させる方式を採用している。

【0027】しかしながら、この方式は、すでに述べたように、広い周波数帯域を持つ信号に対しては問題がある。これは、各アンテナ素子aから位相の一致点までの経路長Lを位相量として取り扱うことに起因している。すなわち、経路長Lは物理的な長さであり、周波数に依存しないにもかかわらず、位相量として取り扱うため周波数に依存してしまい、広い周波数帯域を持つ信号を瞬時に取り扱う際に問題となる。

【0028】そこで、この発明では各アンテナ素子aの経路長Lを信号の放射時間あるいは到来時間として考える。図2における経路長Lを放射時間あるいは到来時間Tとして考えると、

$$T = L / c = (x \cdot \sin \theta) / c$$

と表わされ、信号の持つ周波数とは無関係とすることができる。尚、上式において、cは光速を表わしている。

【0029】以上のことから、ビーム指向方向に合わせて各アンテナ素子aの送受信信号を時間補正することで、信号の周波数によらずに位相一致を実現できる。但し、実際には、個々のアンテナ素子の配置間隔は経路長Lが問題となるほど広くないので、アレイアンテナを複数個のサブアレイに分割し、個々のサブアレイの開口位相中心との関係で時間補正を行い、サブアレイ内で位相制御を行うことで、その目的を十分達成できる。

【0030】そこで、上記の実施例では、送信信号について、増幅／周波数変換後、遅延素子eによるサブアレイ毎の時間補正と、サブアレイ内のアンテナ素子a毎の移相器cによる位相制御とを組み合わせるようになっている。これにより、送信信号の周波数を変化させても、所望の送信ビーム方向に信号の全エネルギーを集中させることができる。

【0031】また、受信信号については、送信信号とは逆に、アンテナ素子毎の移相器dによる位相制御、サブアレイ毎の遅延素子fによる時間補正を経て合成するようにしている。これにより、受信信号が広帯域であり、波長が信号の内部で変化しても、所望の受信ビーム方向に信号の全エネルギーを集中させることができる。

【0032】したがって、上記構成によるレーダ装置は、所望のアンテナビーム方向に対して信号内でのビーム方向を一致させることができ、理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号の送受信が可能となり、これによって高い距離分解能が得られるようになる。

【0033】図3はこの発明を受信系にのみ適用した場合の実施例を示すもので、31は電子走査アンテナ、32は送受信装置、33は信号処理装置、34は表示装置、35はビーム指向方向制御装置である。尚、信号処理装置33、表示装置34及びビーム指向方向制御装置

35は、いずれも図1の信号処理装置23、表示装置24及びビーム指向方向制御装置25と全く同一であるので、ここではその説明を省略する。

【0034】電子走査アンテナ31は、アレイアンテナ311、送受切換部312、位相制御部313、送信系の増幅／周波数変換回路314、受信系の増幅／周波数変換3151～315mを備える。アレイアンテナ311はm個のアンテナ素子aをアレイ状に配列したものである。送受切換部312は各アンテナ素子aにサーキュレータbを接続して送信経路と受信経路を切り換えることで、アンテナ素子aを送受共用とする。位相制御部313は送信系にアンテナ素子毎に移相器cを備え、個々の移相器cの位相量を位相制御信号に応じて設定する。

【0035】送信系は、送受信装置32からの送信パルスを増幅／周波数変換回路314で周波数変換及び電力増幅した後、送信ビーム形成用の移相器cに通し、サーキュレータbを介してアンテナ素子aに送る。ここで、ビーム指向方向制御装置35からの位相制御信号により移相器cの位相量を制御することで、送信ビームの指向方向を任意に設定することができる。

【0036】受信系は、各アンテナ素子aで受けた送信パルスの反射信号を、サーキュレータbを介し、そのままアンテナ素子毎に設けられた増幅／周波数変換回路3151～315mに送り、それぞれ低雑音増幅及び周波数変換を行った後、送受信装置32に送る。

【0037】送受信装置32は送信信号発生回路321で繰返し送信パルスを生成して電子走査アンテナ31へ送出すると共に、このアンテナ31から送られてくるm系統の受信信号をそれぞれA/D変換回路3221～322mでデジタル信号に変換した後、時間補正部323の各遅延回路3231～323mを介して合成回路324に送り、信号処理装置33へ合成出力する。

【0038】ここで、上記時間補正部323は、ビーム指向方向制御装置からの時間補正信号により各アンテナ素子毎の遅延回路3231～323mの遅延時間をビーム指向方向に合わせて設定することができるようになっている。

【0039】上記構成によるレーダ装置では、高距離分解能を得るために、内部に広帯域の周波数変調を施した送信信号が送受信装置32から送出され、電子走査アンテナ31に供給される。電子走査アンテナ31において、送信信号は増幅／周波数変換された後、アンテナビームの指向方向を制御する移相器cにより位相制御され、空間に放射される。移相器cの位相量は、送信信号が通過する際にその内部の周波数に応じて適切に変可され、広帯域を持つ送信信号内部でアンテナビーム指向方向が変化するのを防止する。

【0040】すなわち、送信信号については、予め周波

数変化がわかるので、ビーム指向方向設定のための位相制御と共に、周波数変化に応じて移相器cの位相量を制御することで、設定したビーム指向方向の変化を防止することができる。

【0041】一方、受信信号については、連続して受信されるため、前述したように移相器の位相を変化させてもアンテナビーム指向方向の変化を防ぐことはできない。そこで、電子走査アンテナ31において、各アンテナ素子aで受信された受信信号を、それぞれ増幅／周波数変換し、送受信装置32において、A/D変換回路3221～322mでデジタル信号に変換した後、遅延回路3231～323mによってそれぞれの到来時間を補正する遅延時間を与えて、合成回路324で合成する。

【0042】これにより、各アンテナ素子毎の受信信号を位相制御することなく電波到来時間を補正することができるので、周波数に無関係にアンテナビームの指向方向を任意に制御することができる。尚、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、その他、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形しても、同様に実施可能である。

【0043】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、所望のアンテナビーム方向に対して信号内でビーム方向が変化せず、理論的には無限大の周波数帯域を持つ信号の送受信を行なうことができ、これによって高い距離分解能が得られるレーダ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るレーダ装置の一実施例の構成を示すブロック図。

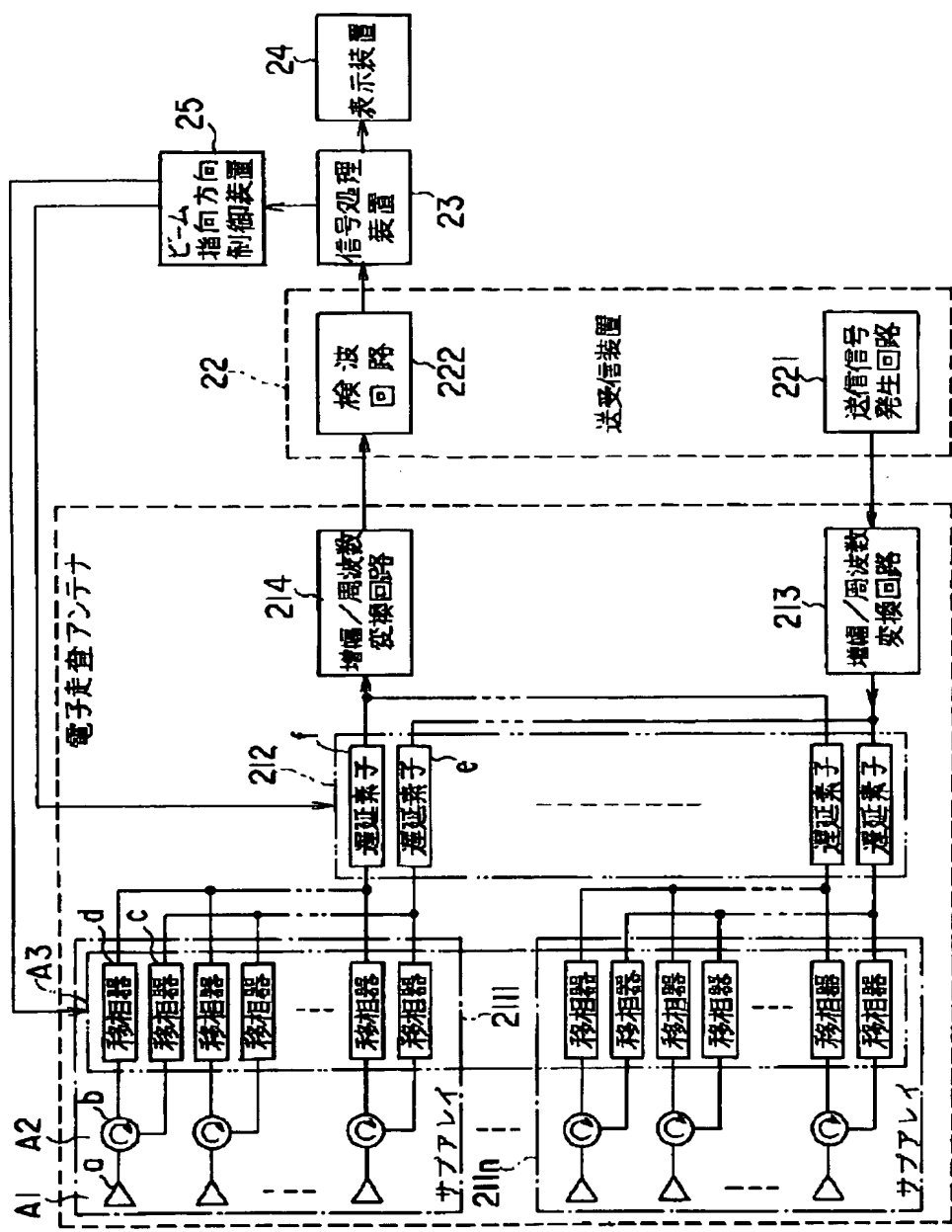
【図2】同実施例の動作を説明するための模式図。

【図3】この発明に係る他の実施例の構成を示すブロック図。

【図4】従来のレーダ装置の構成を示すブロック図。

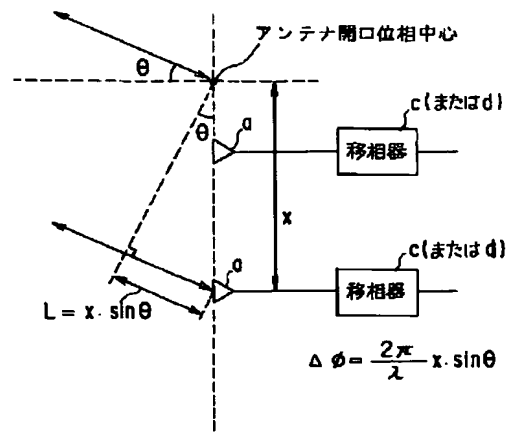
【符号の説明】

11、21、31…電子走査アンテナ、111、311、A1…アレイアンテナ、2111～211n…サブアレイ、112、312、A2…送受切換部、113、313、A3…位相制御部、114、115、213、214、314、3151～515m…増幅／周波数変換回路、12、22、32…送受信装置、13…信号処理装置、121、221、321…送信信号発生回路、122、222…検波回路、3221～322m…A/D変換回路、3231～323m…遅延回路、324…合成回路、14、24、34…表示装置、15、25、35…ビーム指向方向制御装置、a…アンテナ素子、b…サーキュレータ、c、d…移相器、e、f…遅延素子。

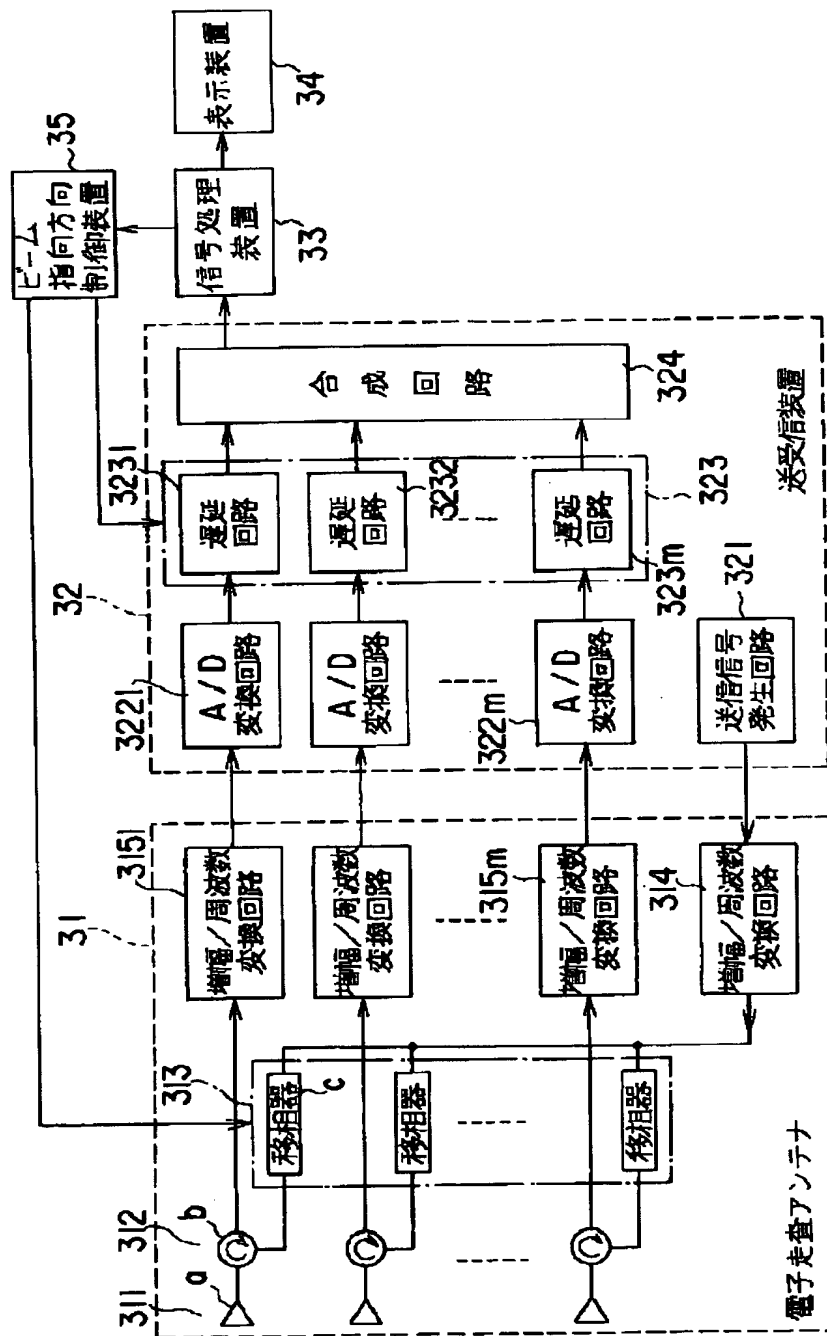


【図1】

【図 2】



【図3】





【図4】

